

Б. П. КОЛЕСНИКОВ, Г. М. ПИКАЛОВА

**К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ
КАК КОМПОНЕНТОВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ¹**

Научно-техническая революция сопровождается всеобъемлющей технизацией общественного производства и всех сторон жизни людей. Она создает безграничные возможности для роста благосостояния людей и движения общества по пути социального прогресса. Высокая энерговооруженность и глобальный характер освоения природных ресурсов придали деятельности общества в течение последнего полустолетия значение планетарной силы, по результатам воздействия на природу соизмеримой с геологическими механизмами эволюции Земли. Но успехи науки и техники, освобождающие человека от прямой зависимости от сил и ресурсов природы, одновременно явились причиной опасного, вызывающего тревогу обострения взаимоотношений между ними.

Научно-технический прогресс в его теперешнем развитии сопровождается разнообразными и непредвиденными побочными и сопутствующими процессами и явлениями, которые неумолимо влекут за собой нарушения целостности биосферы, снижение уровня ее продуктивности, ослабление механизмов биогеохимического и энергетического равновесия, сложившихся на протяжении долгой геологической истории Земли. Быстро расширяются пространства, лишенные почв и сомкнутой растительности, с деградирующим почвенно-растительным покровом, с почвами, резко снизившими плодородие. Разнообразные нарушения целостности и сплошности «пленки жизни» (В. И. Вернадский) в биосфере, возникновение низкопродуктивных, а часто почти бесплодных ландшафтов (геокомплексов, геосистем) различных категорий и разновидностей, ухудшающих условия существования людей, — характерная особенность современного этапа истории человечества, этапа техногеоза.

Такие ландшафты и слагающие их элементарные структурные образования обычно именуют антропогенными (Милюков, 1970 и др.), но в применении к условиям современности их точнее следует называть техногенными (инженерно-природные системы по Ю. П. Бялловичу, 1970). Они созданы не мускульной силой чело-

¹ Доклад на Всесоюзном совещании по проблеме «Рекультивация земель в СССР» (Москва, 20—22 декабря 1971 г.), созданном Научным советом АН СССР по проблемам почвоведения и мелиорации почв.

века с применением простых орудий и возникли не под влиянием жизнедеятельности домашних животных, как это происходило ранее, на пройденных этапах истории человечества, а с помощью разнообразных средств мощной техники, сложных механизмов, только управляемых человеком. К тому же техногенные ландшафты часто образованы в основном скоплениями косной (и биокосной) материи, представленной зданиями и сооружениями, коммуникациями, орудиями и средствами техники, разнообразными продуктами и отходами производственной деятельности общества, отбросами жизни людей и тому подобными образованиями, не встречающимися в составе естественной, не измененной человеком природы. Они чрезвычайно многообразны и научная классификация их еще только разрабатывается (напр., Мильков, 1971; Материалы, 1972). Однако для всех их характерны насыщенность пространства скоплениями различных построек, средств и орудий техники, продуктов и отходов их работы, забетонированных или заасфальтированных площадок и т. п. при весьма малом участии живого органического вещества в сложении общей массы веществ. Входящие в их состав сообщества животных и растительных организмов случайны по составу видов, примитивны и элементарны по структуре, малоустойчивы и малопродуктивны, часто неспособны к самовоспроизводству, т. е. лишены свойств и качеств, присущих всем эволюционно-зрелым и продуктивным природным комплексам (экосистемам) биосферы.

Техногенные ландшафты в наши дни очень быстро расширяют занимаемые площади, захватывая все новые пространства на суше, проникают в шельфовую зону материков (порты, подводные нефтепромыслы и т. п.), продвигаясь в глубь океана. Ф. Я. Шипунов (1971), ссылаясь на монографию А. Гверрина (A. Guerrin, 1957), указывает, что в настоящее время «в разной степени застроенные земли» занимают на планете более 150 млн. га, а пространства под городами и поселками (урбанизированные зоны), на которых «дождевые воды не просачиваются в почву», составляют почти 50 млн. га, что примерно соответствует площади Франции. По тем же данным прогнозные расчеты показывают, что к концу века полностью застроенные площади могут превысить 300 млн. га, т. е. занять около 3% общей продуктивной площади суши. Подобно растущему лишаю техногенные ландшафты теснят естественные ландшафты и расчлениают на части живую плоть биосферы, угрожая в ближайшем будущем превратить ее целиком в техносферу.

Среди техногенных ландшафтов по распространенности и вредности особое место занимают их своеобразные категории, встречающиеся во всех промышленных районах и в окрестностях всех крупных городов, образованные так называемыми «промышленными отвалами». К этой категории относятся пространства, заполненные закономерными сочетаниями положительных (аккумулятивных) форм рельефа (собственно «отвалы») и сопутствующих им, генетически связанных с ними, отрицательных (денудационных)

форм. Собственно «отвалы» могут быть представлены внешними и внутренними отвалами вскрышных горных пород при открытых горных разработках и карьерной добыче строительных материалов, терриконами при шахтной добыче полезных ископаемых, разнообразными насыпями, навалами, дражными полями, дамбами и плотинами, шламовыми полями и хвостохранилищами обогатительных фабрик, золошлаконаливными полями тепловых электростанций (золоотвалами), отвалами металлургических шлаков, строительного мусора, бытовых отходов и им подобными искусственными образованиями, весьма разнообразными по размерам, формам и другим параметрам. Они сложены разнообразными и разнородными твердыми по агрегатному составу отходами и отбросами различных отраслей промышленности, теплоэнергетики и коммунального хозяйства, извлеченными из недр земли или собранными с ее поверхности, в той или иной степени подвергшимися обработке, перемещенными и сосредоточенными тем или иным способом на относительно ограниченном пространстве с помощью механизмов и различных средств механизированного транспорта. Отвалы всегда чередуются и сочетаются с отрицательными формами рельефа или окаймляются ими, — с карьерами, «разрезами», выемками, выработками, провалами, провальными и суффозионными ямами и воронками, оползнями, трещинами, траншеями, размоинами, вымоинами, оврагами и т. п.

В совокупности подобного рода отвалы и понижения образуют пространства со специфичным, как правило, довольно пересеченным рельефом, возникшим в результате поистине «геологической деятельности человека» (В. И. Вернадский), который, внедрившись с помощью мощной техники в глубины геологического фундамента природного ландшафта, вынес на поверхность огромные массы горной породы, переместил их в пространстве, частично переработал и вновь отложил в новых сочетаниях не свойственных природе форм рельефа. Многие авторы (Трофимов и Овчинников, 1970; Моторина и Зайцев, 1970а, б; Мальков, 1972; Двуреченский, 1972) определяют эти формы рельефа как особые антропогенные (лучше техногенные. — Б. П.) типы неорельефа, и их образование квалифицируют как проявление антропогенной (техногенной) аккумуляции и денудации. В приложении, например, к конкретным условиям Кузбасса С. С. Трофимов и В. А. Овчинников (1970), считают возможным писать об «антропогенном (техногенном. — Б. К.) орогенезе», в процессе которого на наших глазах создаются образования, вполне эквивалентные по выраженности и объему сопкам предгорий Салаирского кряжа. Их вывод закономерен и его следует расширить и распространить на многие другие горно-промышленные районы. Например, в Нижнем Тагиле среди городских кварталов на месте г. Высокой (первоначальная высота 298 м), в недрах которой залегает рудное тело магнитного железняка, обусловившее промышленную славу этому старейшему центру среднеуральской черной металлургии, ныне располагается

мощный карьер глубиной около 80 м. Он окружен обширными отвалами горной породы, образующими нагромождения до 50 м высоты и занимающими площади более тысячи га. Города Коркино и Еманжелинск, возникшие всего около 50 лет назад среди равнинной зауральской лесостепи в Челябинской области, ныне расположены у подножия гряды «сопок», сложенных отвалами горной породы, извлеченной из нескольких открытых каменноугольных разрезов глубиной до 400 м (запроектировано их заглубление до 600 м) и занимающих площадь более 3000 га. Всего нарушено около 65% территории в черте города Коркино, а отвалы самого глубокого разреза угрожают существованию его центра (Лазарева, 1969).

В специальной литературе такие ландшафты именуют «землями, нарушенными промышленностью», а в научно-популярной — «индустриальными пустынями», «промышленными неудобиями» и им подобными названиями; по бесплодности и формам поверхности их иногда сравнивают с «лунным ландшафтом». Однако эти термины не имеют строго определенного содержания, применяются часто к территориям иного характера, например, к пространствам, подвергающимся постоянному воздействию токсичных газопылевых выбросов промышленных предприятий, или загрязняемых нефтью и продуктами ее переработки в районах развитой нефтегазодобывающей промышленности. В приложении к рассматриваемой категории техногенных ландшафтов употребление неопределенных по содержанию и несколько эмоциональных научно-популярных терминов нецелесообразно. Термин **техногенный ландшафт промышленных отвалов** в данном случае будет более содержательным и точным. Он выделяет достаточно определенную, специфичную и сравнительно однородную категорию в составе более широкого понятия — «земли, нарушенные промышленностью», получившего признание многих рекультиваторов².

Масштабы нарушения целостности биосферы в результате расширения площади техногенных ландшафтов промышленных отвалов внушительны. Они быстро возрастают в связи с геометрически прогрессирующей потребностью в горнорудном сырье и столь же быстро увеличивающимися массами промышленных и бытовых отходов. Особенно большие пространства нарушаются при открытой добыче полезных ископаемых, являющейся более эффективной, чем старинный шахтный способ. Н. В. Мельников и Б. А. Симкин (1968), например, считают, что в СССР в ближайшем десятилетии $\frac{3}{4}$ всей продукции горной промышленности будет добывать-

² При использовании единиц классификации и картировании современных ландшафтов, намечаемых антропогенным ландшафтоведением (Милюков, 1970), это понятие по объему сопоставимо с классом промышленных антропогенных ландшафтов, тогда как выделяемые в составе последнего карьерно-отвальный (Милюков, 1972; Двуреченский, 1972) или горнопромышленный (Федотов, 1972) типы ландшафтов окажутся только частью наших ландшафтов промышленных отвалов (от определения классификационного ранга нашей категории в единицах ландшафтоведения мы воздерживаемся).

ся открытым способом, а общий ежегодный объем вскрышных пород достигнет 1,4 млрд. м³. Эта величина будет достигнута очень быстро. Уже в настоящее время в США, как отметил бывший Генеральный секретарь ООН У-Тан (1970), «отходы цивилизации» в виде пустой и переработанной породы составляют около 3 млрд. т ежегодно. В свою очередь, для СССР И. В. Комар (1969) массу горных пород, извлеченных в 1967 г. из шахт и открытых разрезов, оценил для каменноугольной промышленности в 1,0—1,2 млрд. т, при добыче железных руд и руд цветных металлов — порядка 1,5 млрд. т и горно-химического сырья (сода, нефелин, калий) — 0,1—0,15 млрд. т, а всего — в пределах 2,7—2,9 млрд. т. Следует учесть, что в этих и аналогичных подсчетах не приняты во внимание весьма значительные отходы промышленности строительных материалов, по массе и объему соизмеримые с отходами горнодобывающей промышленности. Соответственно значительны и площади, занятые ландшафтами промышленных отвалов, хотя достаточно точных и полных данных о размерах нарушения земель при добыче горнорудного сырья еще нет. В печати имеются лишь отрывочные сведения по отдельным странам, притом, по-видимому, относящиеся только к части отраслей горнодобывающей промышленности, преимущественно каменноугольной и железорудной. Так, в обзоре Л. В. Моториной и Н. М. Забелиной (1966) площадь, покрытая отвалами в США определяется в 325—400 тыс. га, в Англии она достигает 60 тыс. га, в ГДР — тоже 60 тыс. га с ежегодным приростом в 3 тыс. га, в Польше — 30 тыс. га и т. д. В СССР, по мнению Н. И. Горбунова (1970), имеется несколько тысяч карьеров по добыче различных полезных ископаемых, занимающих площадь порядка 2 млн га (очевидно, включая не только сами карьеры-разрезы, но и прилегающие к ним отвалы); другие авторы уменьшают эту величину до 1,5—1,0 и даже 0,5 млн. га. Ежегодный прирост отвалов при открытой разработке недр Л. В. Моторина (1967) для СССР оценивает в 30—35 тыс. га, что, вероятно, преуменьшено. На Украине площадь отвалов горнодобывающей промышленности (инвентаризация 1965 г.) определена в 30 тыс. га, а для Свердловской области в 1970 г. ориентировочные подсчеты дали близкую величину, впрочем, с учетом пространств выработанных карьеров торфоразработок и земель в долинах горнотаежных рек, перемытых и перетолженных при добыче полезных ископаемых с помощью драг (дражные поля).

Во всяком случае, ясно, что пространства, занятые ландшафтами промышленных отвалов, расширяются чрезвычайно быстро, сокращая при этом площадь продуктивных земель, в том числе сельскохозяйственного значения. Возникают бесплодные территории, оказывающие неблагоприятные воздействия на окружающую среду, на ее санитарно-гигиенические показатели. В связи с этой проблемой **рекультивации промышленных отвалов**, т. е. устранения различными способами их вредоносного воздействия на прилегаю-

щие пространства с возвращением землям, занятым отвалами, утраченной биологической продуктивности и экономической ценности, приобрела существенное народнохозяйственное и социальное значение. В последние годы она получила общественное признание, а главное, правовое утверждение в некоторых Законах Верховного Совета СССР и союзных республик, в правительственных решениях и распоряжениях многих Министерств. Начиная с конца 1950-х годов, во многих экономических районах страны постепенно развернулись научно-исследовательские и опытнопроизводственные работы по биологической рекультивации промышленных отвалов различных типов с преимущественным применением фитомелиоративных методов, имеющих целью создание на территориях, занятых отвалами, устойчивых и продуктивных искусственных растительных сообществ сельскохозяйственного, лесохозяйственного и оздоровительного значения. Водохозяйственный (рыбохозяйственный) метод биологической рекультивации при окультуривании ландшафта промышленных отвалов еще почти не применяется, так же как в очень ограниченных масштабах их площади используются для инженерно-строительных целей и нужд градостроительства (Лазарева, 1969), а грунты отвалов — для реутилизации как вторичное сырье (Мамаева и др., 1969).

В ряде районов СССР получены успешные результаты по фитомелиорации отвалов. Например, в Эстонской ССР на сотнях га отвалов сланцевой промышленности в окрестностях города Кохтла-Ярве созданы продуктивные лесные культуры сосны (Ваус и Луйк, 1967) и начаты работы по планомерному окультуриванию всей территории ландшафта сланцевых отвалов и прилегающей местности (Каар, Лайноя, Луйк и др., 1971).

В Грузии на отвалах Чиатурского марганцевого рудника успешно растут опытные плантации винограда, дающие высокие урожаи полноценных плодов (Гогатишвили, 1969). В Днепропетровской области УССР на отвалах и шламовых полях Александровского марганцево-рудного карьера по инициативе Орджоникидзевского горнообогатительного комбината (управляющий Г. Л. Середа) создан парк культуры и отдыха для трудящихся г. Орджоникидзе и значительные площади заняты лесными посадками и опытными высокопродуктивными сельскохозяйственными культурами (Бекаревич, 1971).

Однако опубликованные данные и материалы совещаний (исключая упомянутые работы в Эстонии и на территории г. Орджоникидзе в УССР) показывают, что все исследовательские и производственные опыты по биологической рекультивации в СССР по существу относятся не к ландшафтам промышленных отвалов в целом, а сосредоточены на решении задач рекультивации применительно только к их положительным формам рельефа, т. е. к собственным отвалам. Ландшафты промышленных отвалов как специфичные техногенные территориальные комплексы, нуждающиеся в преобразовании и окультуривании с целью повышения общей

продуктивности и хозяйственной ценности занятых ими земельных угодий, еще не привлекли должного внимания исследователей. Лишь в самые недавние годы появились работы, рассматривающие вопросы классификации морфологических единиц ландшафтов промышленных отвалов (Моторина, Зайцева, 1970а; Двуреченский, 1972; Мильков, 1972), положительных и отрицательных форм их рельефа (Трофимов, Овчинников, 1970; Трофимов, 1971).

Такое положение едва ли можно считать случайным. Оно отражает принципиальные различия подходов к решению проблем восстановления утерянной биологической продуктивности и организации рационального народнохозяйственного использования, с одной стороны, для крупных и неоднородных по структуре техногенных природно-промышленных территориальных комплексов (инженерно-природных систем по Ю. П. Бялловичу, 1970), каковыми являются ландшафты промышленных отвалов, а с другой — для много более простых и элементарных их структурных частей — положительных (или отрицательных) форм рельефа, т. е. собственно отвалов (понижений между ними и вокруг них). Рекультивация, по существу, является только составной частью более сложных и разнородных мероприятий различного характера, в том числе собственно фитомелиоративных (Бяллович, 1970), по формированию оптимизированных культурных и окультуренных ландшафтов на месте бесплодных техногенных геокомплексов, включающих в свой состав и ландшафт промышленных отвалов. Поэтому понятием **«биологическая (и горнотехническая) рекультивация»**, вероятно, целесообразнее пользоваться в суженном смысле, прилагая его только к **собственно отвалам** (или к сопутствующим им отрицательным формам рельефа), тогда как к **ландшафтам промышленных отвалов** в целом применимо более широкое представление об их **оптимизации** как сумме разнородных мероприятий по региональному народнохозяйственному планированию, связанных с организацией рационального землепользования, оздоровлением местности и реконструкцией всей территории, занимаемой оптимизируемым ландшафтом. Это особая и специфичная народнохозяйственная задача, в решении которой главная роль принадлежит географам широкого профиля, ландшафтоведам, экологам, экономистам, социологам, архитекторам-планировщикам, но не агробиологам, лесоведам, агрономам, горным инженерам, как в случае с рекультивацией собственно промышленных отвалов.

В результате выполненных к настоящему времени на территории СССР разнообразных исследовательских и опытно-производственных работ по рекультивации собственно отвалов, в том числе лабораторией промышленной ботаники Уральского университета имени А. М. Горького (основана В. В. Тарчевским в 1959 г.), накоплен обширный и разнообразный фактический материал. Для пространств Урала, Казахстана, Сибири и Дальнего Востока, где масштабы нарушения промышленностью продуктивных земель разнообразны и значительны, он в основном сосредоточен в докла-

дах четырех уральских совещаний по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения», опубликованных в нескольких сборниках (Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале, вып. 4, 5, 7 — 1964, 1966, 1970; Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения», 1969; Растения и промышленная среда, 1964, 1970; Рекультивация в Сибири и на Урале, 1970). При попытке его обобщения прежде всего выявляется очень большое разнообразие типов и разновидностей промышленных отвалов, отличающихся по многим признакам и показателям, влияющим на закономерности формирования на них почв и растительного покрова, выбор способа рекультивации, особенности его технологии, эффективность и экономичность. Достаточно сказать, что в результате выборочного обследования нашей лабораторией промышленных отвалов Свердловской области в 1971 г. на ее территории было осмотрено и охарактеризовано 157 индивидуальных объектов (общая площадь, занимаемая ими, составляет примерно $\frac{1}{3}$ общей площади отвалов области), относящихся к 29 различным разновидностям, заметно отличающимся друг от друга многими существенными признаками. При учете не менее многочисленных отвалов, изученных и осмотренных сотрудниками нашей лаборатории в других областях Среднего и Южного Урала, Казахстана, Киргизии, Кузбасса, Хакасии и Забайкалья, а также освещенных опубликованными материалами исследований других научных и научно-производственных коллективов (см., напр.: Восстановление земель после промышленных разработок, 1967), число разновидностей промышленных отвалов еще более возрастает. Задача построения общей классификации отвалов приобретает сейчас важное значение, поскольку без нее невозможна организация учета площадей, занятых ландшафтами промышленных отвалов (в том числе в связи с проблемой кадастра земель), планирование мероприятий по их оптимизации и рекультивации, научное обобщение накопленных фактов и определение очередных задач научно-исследовательских работ.

Попытки классификации отвалов в опубликованных работах имеют региональный характер и, по существу, просто систематизируют известные их авторам разновидности отвалов и некоторые сопутствующие последним отрицательные формы техногенного рельефа по способу образования (происхождения) и отдельно взятим морфологическим параметрам, литологическим и агрохимическим признакам грунта (Hall, 1957; Adamovicz, Bojarski, Grezta etc., 1963; Тарчевский, 1964, 1967, 1970 и др.). Строго говоря, некоторые из них лишь условно можно назвать классификациями, так как они опираются на 2-3 признака отвалов, бросающиеся в глаза, но часто не самые существенные. Независимо от классификации (точнее систематики) отвалов предложено также несколько классификаций грунтов, из которых сложены отвалы, по их пригодности для биологической рекультивации (Knade, 1959; Styś, 1966; Lim-

strom, 1960; Чеклина и Савич, 1967; Овчинников, 1966; Горбунов, 1969, 1970; Денисов, Красавин, 1969; Трофимов и Овчинников, 1970; Горбунов, Бекаревич и др., 1971). Они также региональны, учитывают особенности грунтов лишь части многочисленных разновидностей отвалов. Очевидно, что современная научная классификация промышленных отвалов должна быть комплексной и естественной, т. е. учитывающей сумму признаков и свойств отвалов, в том числе и грунтов, которыми они сложены, с выделением из числа их важнейших (ведущих), определяющих выбор способов рекультивации. Такая классификация может быть построена с использованием системы классификационных единиц, иерархически взаимосоподчиненных, т. е. так, как принято во всех классификациях естественно-исторических объектов и явлений (см. напр.: Александрова, 1969).

Нами сделана попытка, обобщив имеющиеся в нашем распоряжении материалы, разработать схему построения такой естественной классификации промышленных отвалов, учитывающей все известные нам типы отвалов. Само понятие «тип отвалов» мы, однако, пока не решаемся сформулировать, имея, впрочем, в виду, что среди его обязательных признаков должны быть учтены агрохимические свойства грунта и происхождение отвала, определяющие наиболее приемлемый способ рекультивации.

Прежде всего необходимо различить две крупные категории (семейства) промышленных отвалов, принципиально отличных по происхождению, составу и свойствам грунтов (субстратов), из которых они сложены.

А — отвалы, сложенные минеральными грунтами (субстратами), лишенными органического вещества, а следовательно, и азота, или крайне бедные ими. Органическая жизнь на отвалах этого семейства возникает в основном от диаспор организмов, заносимых извне с соседних местообитаний. Факторы, лимитирующие показатели биологической продуктивности таких отвалов, — недостаток органики (а также азота) в усвояемой растениями форме и иногда также других основных элементов питания (фосфор, калий)³.

Б — отвалы, сложенные субстратами, насыщенными органическим веществом, или даже нацело образованные последним (торф, опилки и т. п.). Азота в субстратах много или избыточно. На таких отвалах органическая жизнь в принципе может возникнуть автотонно, при участии организмов и их диаспор, поступивших на отвал непосредственно с субстратом. Лимитирующие факторы — избыток

³ Для грунтов отвалов, сложенных углистыми сланцами, аргиллитами и им подобными осадочными породами, агрохимические анализы нередко показывают значительное содержание органического вещества и общего азота, обусловленное включениями в породу ископаемых остатков органической жизни прошлых геологических эпох. Такое органическое вещество повышает потенциальное плодородие грунтов отвала, но мобилизуется современной растительностью не сразу, постепенно и медленно (Таранов, 1970).

органики (иногда и азота) нередко на фоне недостатка минеральных солей.

Отвалы семейства А образуются в результате производственной деятельности горнодобывающей (уголь, сланцы, алмазы, железо, бокситы, руды цветных и редких металлов и т. д.) и рудоперерабатывающей (черная и цветная металлургия) промышленности, промышленности строительных материалов (камень, щебень, песок, глина, цемент, асбест, талк, известняки, мрамор, облицовочный камень и т. п.), теплоэнергетики (зола); семейства Б — производств, добывающих и перерабатывающих органическое сырье (торф, деревообработка, целлюлозно-бумажная и лесохимическая, легкая и пищевая промышленности). К ним можно причислить также отвалы, образованные твердыми отходами коммунального хозяйства и городским строительным мусором.

Объектами рекультивационных работ пока являются преимущественно отвалы, сложенные минеральными грунтами, им уделяется наибольшее внимание. На отвалы с субстратами органогенного происхождения проблема рекультивации по существу еще не распространена, хотя они занимают значительные и быстро увеличивающиеся площади. Их вредное влияние на санитарно-гигиенические условия жизни населения и окружающую природу в большинстве случаев неоспоримо. Однако обсуждать вопросы рекультивации органогенных отвалов еще затруднительно, так как специальное изучение их почти не ведется, а имеющиеся отрывочные данные (например, по сельско- и лесохозяйственному освоению выработанных торфяников) представляют специальный узкоотраслевой интерес. Кроме того, из-за своеобразия самого субстрата нейтрализация вредного влияния органогенных отвалов во многих случаях более рациональна в форме использования их вещества в народном хозяйстве как удобрений, компостов, вторичного органического сырья и т. п., т. е. в плане утилизации, а не биологической рекультивации.

Промышленные отвалы, образованные минеральными грунтами, по происхождению и морфометрии, особенностям своих грунтов-субстратов являются специфическими техногенными образованиями, не имеющими прямых аналогов среди природных форм поверхности. Лишь отдельные их типы допустимо условно сравнивать с некоторыми, весьма специфическими же природными геокомплексами. Например, неполную аналогию для золошлаконаливных полей (золоотвалов) тепловых электростанций, или отвалов шламовых песков обогатительных фабрик некоторых предприятий цветной металлургии можно искать на полях и конусах выноса свежих вулканических песков и пеплов, перемытых, отсортированных и переотложенных потоками воды, стекающими по склонам вулканов при их извержении. В свою очередь, дражные поля, сопутствующие разработкам россыпных месторождений цветных и редких металлов и алмазов в долинах горных рек с помощью драг, по многим признакам весьма напоминают хаотические нагромождения щебенча-

то-валунных отложений донных и боковых морен, только что вышедших на дневную поверхность из-под стаявших покровов льда вдоль окраины отступающих горных ледников. С подобными природными образованиями, возникающими в результате современных денудационных процессов, моделирующих поверхность суши, названные разновидности промышленных отвалов сближаются еще и тем, что они в равной степени относятся к категории первичных экотопов (Шенников, 1964), лишенных в момент образования и выхода на дневную поверхность каких-либо следов продуктивной органической жизни, а также и диаспор живых организмов. Можно принимать для тех и других, что в момент выхода их на дневную поверхность они полностью стерильны. Такое качество вполне очевидно для вулканических пеплов и золы тепловых электростанций, подвергающихся воздействию высоких температур. С некоторыми непринципиальными оговорками этот же вывод допустимо распространять и на все остальные типы промышленных отвалов, образованные минеральными грунтами. Во всяком случае, освоение их жизнью и формирование на них продуктивных сообществ (биоценозов), как показывают все имеющиеся наблюдения, идет по типу элементарных сингенетических сукцессий и начинается с поселения на субстратах и в его поверхностных слоях низших организмов, в том числе азотфиксаторов — почвенных бактерий и водорослей. С него начинается и развитие почвообразовательных процессов и формирование растительного покрова, как это показано для бактерий В. П. Фирсовой и Г. А. Кулай (1966) и Н. А. Дараселия (1967), для водорослей — В. В. Тарчевским и Э. А. Штиной (1967), в том числе на отвалах, образованных высоко токсичными для растений грунтами (Штина, Шилова, Неганова, 1971). Впрочем для отвалов последнего типа характерна активная жизнедеятельность микроорганизмов и иного характера, например, тионовых бактерий на субстратах с большим содержанием сульфидов железа (Зайцев, 1970).

Очевидно, одновременно со спорами микроорганизмов на отвалы не могут не заноситься и диаспоры высших цветковых растений. Однако по данным Г. П. Серой и С. В. Комова (1971) для золы отвалов ТЭЦ, проростки этих растений в таких случаях обладают низкой жизненностью и на первых этапах сингенеза их роль, вероятно, в основном сводится к участию в медленном накоплении запасов органического вещества в субстрате. Продолжительность бактериально-водорослевого этапа сингенеза на отвалах различна — от одного-двух до восемнадцати и более лет в зависимости от качеств субстрата.

Формирование на отвалах всех типов продуктивного почвенно-растительного покрова, по свидетельству всех исследователей, протекает очень медленно, а в ряде случаев чрезвычайно медленно. Это определяется, помимо упомянутой характерной бедности органическим веществом и усвояемым азотом, также многими другими неблагоприятными качествами грунтов. Прежде всего следует подчеркнуть их бесструктурность и связанные с ней неудовлетвори-

тельные водно-физические свойства. Исключением являются отвалы, сложенные поверхностными породами четвертичного возраста, представленные легкими и средними супесями и суглинками, нередко лессовидными, а в предгорных районах иногда щебнистыми. Они довольно характерны, например, для каменноугольных отвалов комбината «Вахрушевуголь» в Свердловской области (города Карпинск, Волчанск) и, в меньшей степени, для отвалов железорудных предприятий Соколовско-Сарбайского комбината (город Рудный) в Кустанайской области. На юге же Европейской части СССР эти породы нередко образуют значительную массу вскрышных пород (Бекаревич, 1971). Отвалы, образованные четвертичными и особенно третичными и более древними по возрасту тяжелыми суглинками и глинами, характеризуются уже значительно худшими водно-физическими свойствами в связи со склонностью к заплыванию, образованию плотных водонепроницаемых покровов, растрескиванию поверхности при высыхании. Наихудшие же показатели характерны для отвалов, образованных скальными горными породами (кварциты, мраморовидные известняки, доломиты и т. п.), образующими крупнокаменистые и глыбистые нагромождения. Такие отвалы, например, типичны для железорудных месторождений Среднего и Южного Урала, северо-западного Казахстана. Подобные грунты чрезвычайно медленно поддаются выветриванию, на них не задерживается влага осадков, по особенностям освоения их растениями и формирования почв они напоминают естественные крупноглыбистые россыпи («курумы») горного Урала после того, как они испытывают воздействие повальных пожаров и интенсивной водной эрозии. По этим же показателям к отвалам из скальных пород близки отвалы, образованные металлургическими шлаками, сложенные прочными отдельностями размером от 0,1 до 0,7 и более см в поперечнике (например, отвалы Режевского завода — Тарчевский, Автонева, 1969). Специфичны и также неблагоприятны для жизни из-за водно-физических свойств зол и шламов золоотвалы и шламовые поля тепловых электростанций и обогатительных фабрик цветной металлургии (см. статьи Пасынковой, Шиловой, Логиновой в настоящем сборнике). Во влажном состоянии они образуют плотные, непроницаемые для корней растений покровы и прослойки, в сухом — теряют связность и легко поддаются развеванию даже при легком ветре.

Столь же неблагоприятны для формирования почвенно-растительного покрова агрохимические показатели грунтов породных отвалов (табл. 1). Исключение составляют опять-таки упоминавшиеся супеси и суглинки четвертичного возраста, отличающиеся от обычных материнских пород, подстилающих природные почвы, и от последних, в основном, лишь пониженным содержанием органического вещества и азота. Всем же остальным грунтам и субстратам породных отвалов свойственны, кроме того, избыточные кислотность или щелочность, в большинстве случаев малое и очень малое содержание фосфора и калия, повышенное содержание

Агрохимические показатели грунтов породных отвалов некоторых железорудных и каменноугольных месторождений*

Месторождение	Грунт	рН	Сухой остаток (%)	Содержание основных компонентов		
				P ₂ O ₅ (мг/100 г)	K ₂ O (мг/100 г)	N %
Соколовско-Сарбайское железорудное (Э. Б. Терехова)	Четвертичный** суглинок	8,0	0,16	1,25	2,5	0,005
Высокогорское железорудное (С. Я. Левит)	Трещинная опока Известняк Кварцевый песок (линза)	4,6 7,9—8,5 7,1	1,04 0,20 1,10	40,00 0,10—0,50 2,10	12,5 2,4—10,5 9,4	— 0,015—0,020 0,010
Бакальское железорудное (С. Я. Левит)	Кварцит Кварцито-глинистые сланцы Доломит	6,0—6,6 7,0—8,0 7,7	0,03—0,06 0,12—0,19 0,40	0,50 0,25 1,80	11,4 12,1 13,9	0,150 0,100 0,100
Богословское бурогольное (Т. С. Чибрик)	Известняк Аргиллит и алевролит Песчаник на глинистом цементе	7,2—7,8 6,5—7,2 4,6—7,2	— не засол. не засол.	0,70—6,50 9,00—14,00 2,00—12,00	5,4—12,0 9,0—25,0 2,0—25,0	0,00—0,004 0,001—0,004 0,00—0,001
Челябинское бурогольное, Батуринский разрез (Т. С. Чибрик)	Ожелезненные пески Песчаник серый Алевролит и аргиллит углистые Четвертичные суглинки и супеси	3,9—5,6 6,0—7,3 6,6—7,4 7,3—7,5	не засол. до 0,70 до 2,00 0,42	4,00—32,00 12,00—26,00 20,00—30,00 15,00—20,00	4,3—10,0 10,0—20,0 10,0—38,0 10,0—25,0	— — 0,080—0,400 0,050—0,600

* Данные лаборатории промышленной ботаники Уральского университета.

** Анализировалась исходная порода из борта карьера.

окислов алюминия и железа, иногда серы (отвалы, образованные морскими отложениями третичного возраста и более древними рыхлыми породами) и других вредных для растений элементов. Последнее очень типично для шламов обогатительных фабрик почти всех предприятий цветной металлургии.

Рекогносцировочные наблюдения нашей лаборатории и обобщение отрывочных данных литературных источников свидетельствуют о весьма контрастном микроклиматическом режиме отвалов всех типов. Зимой на них из-за воздействия ветров и резко выраженной неоднородности мезо- и микрорельефа не образуется ровного снегового покрова, а на каменистых отвалах он не является и сплошным, особенно в районах с малым количеством зимних осадков. К тому же на отвалах снеговой покров ложится позже и сходит раньше, чем на прилегающих пространствах. Грунты отвалов промерзают глубже и оттаивают медленнее. Летом температурный режим контрастен в суточном цикле, и тем резче, чем сильнее выражены мезо- и микрорельеф и каменистость, благоприятствующие отчетливому проявлению экспозиционного эффекта. Дождевые осадки из-за тех же особенностей распределяются неравномерно, быстро стекают в понижения или «проваливаются» в глубинные слои грунта, если последние имеют рыхлую структуру, либо каменисты. В связи с этим влажность верхних слоев обычно сильно колеблется. Исключая отвалы, сложенные крупнокаменистыми грунтами, на всех остальных отчетливо выражены процессы ветровой и водной эрозии. Последняя менее других заметна на плоских поверхностях золоотвалов и шламовых полей, но зато для них особенно типичны дефляционные процессы. Последствия эрозии везде выражены в виде накопления мелкоземистых частиц в различного рода понижениях нано- и микрорельефа, а также под защитой препятствий на пути стока поверхностных вод или ветрового переноса песка и суглинка (барханчики за камнями, или наносы перед ними).

В свою очередь с поверхности положительных форм микрорельефа мелкозем сносится, и их субстрат постепенно огрубляется, находясь под постоянным воздействием физических агентов выветривания. В понижениях, кроме мелкозема скапливаются также легкорастворимые соединения, поступающие с застаивающимися там поверхностными водами и влагой, мигрирующей в верхних слоях грунта. Вследствие этого для поверхности отвалов типична мозаичность и комплексность распределения разновидностей субстрата, отличающихся по физико-химическим свойствам. Они предопределены не только неровностями микро- (иногда и мезо-) рельефа, обусловленными технологией складирования грунта в отвалы или поступления его в шламо-золоотстойники, но и последующим моделированием поверхности отвалов процессами денудации. Все это соответственно предопределяет пестроту, мозаичность и комплексность формирующегося на отвалах почвенно-растительного покрова. Следует также обратить

внимание на то, что естественное моделирование поверхности и склонов отвалов осложняется специфичными для них процессами: неравномерной и непредсказуемой усадкой грунтов (субстратов); образованием очагов самовозгорания органических остатков, чаще всего углистых, на отвалах каменноугольной промышленности с незакономерными и неожиданными «взрывами», сопровождающимися выбросами субстрата из глубинных слоев грунта; образованием солифлюкционных форм микрорельефа на отвалах из рыхлых грунтов в районах с длительным сезонным промерзанием почв; возникновением в теле отвалов «ядер» и прослоек переувлажненного тиксотропного грунта и т. п.

Влияние перечисленных и других экологических факторов, преимущественно эдафического характера, неблагоприятных для образования на отвалах сплошного и развитого почвенно-растительного покрова, наиболее выражено в субаридных и аридных зонах (лесостепь, степь, полупустыня). В этих условиях, помимо исходных физических и агрохимических свойств поверхностных слоев грунта, для поселения и развития сообществ организмов на отвалах решающее значение принадлежит режиму увлажнения и особенностям перераспределения влаги в поверхностных слоях в зависимости от структуры нано- и микрорельефа. В гумидных районах (лесная зона, особенно подзоны средней и северной тайги) экологический режим на отвалах менее контрастен и заметно более благоприятен для поселения организмов и формирования сомкнутых сообществ. Например, для отвалов, расположенных в лесной зоне и сложенных потенциально плодородными, с удовлетворительными водно-физическими свойствами четвертичными легкими и средними супесями, в том числе щебнистыми, отмечено успешное самозарастание сомкнутыми сообществами с первого же года после прекращения горных работ на отвале и быстрое формирование продуктивных устойчивых фитоценозов, в том числе из древесных растений (сосна, береза, в северотаежной подзоне даже ель и кедр). Такова, например, часть отвалов комбината «Вахрушевуголь» (город Карпинск), заросшая в периферийной 200—300-метровой полосе 8—20-летними сомкнутыми насаждениями сосны III—IV бонитета на щебнистых четвертичных супесях, покрашенных гумусом с поверхности и прикрытых тонким слоем лесной подстилки (см. ст. Лукьянец в настоящем сборнике). Сходные случаи не единичны, они отмечены также для ряда отвалов несколько иных, но близких типов в пределах всей лесной зоны Свердловской области.

Анализ возможных причин, определивших столь успешный ход формирования продуктивных фитоценозов на отдельных участках названных отвалов, выявил существенную роль некоторых факторов, не привлекавших пока внимания рекультиваторов. Такие участки, как правило, располагаются на пониженных и сравнительно невысоких (до 20 м) окраинах отвалов, занимают вдоль последних полосу, ширина которой приблизительно соответствует

возможной дальности разноса диаспор растений из соседних естественных фитоценозов (200—300 м для сосны), находящихся к тому же с наветренной стороны отвала. При движении к центру отвала сомкнутость растительного покрова и выраженность начавшегося почвообразовательного процесса резко снижались и в минимальной степени были выражены на участках, наиболее удаленных от периферии, заветренных и наиболее высоких. Вообще, как показывают наблюдения, почвенно-растительный покров формируется успешнее и быстрее, при остальных равных условиях, на небольших и невысоких отвалах, когда они находятся в окружении естественной растительности, сравнительно мало разрушенной горными работами и другими видами производственной деятельности.

Отметим также, что успешнее самозарастание, как правило, наблюдалось на отвалах, на которых не производился выпас скота. Последний в сильной степени, везде и всюду не только тормозит формирование почвенно-растительного покрова, но и может вызвать в короткие сроки деградацию и разрушение уже сложившегося, в том числе созданного в результате целенаправленных мероприятий по биологической рекультивации (Красногорская ТЭЦ в городе Каменск-Уральском, Серовская ГРЭС).

Отмеченная выше решающая роль эдафических условий при формировании на отвалах почвенно-растительного покрова, подчеркивается еще тем обстоятельством, что его образование заметно ускоряется и нормализуется (при самозарастании и при производстве фитомелиоративных работ) после покрытия грунта и субстратов слоем почвы, торфа или почво-грунта естественного происхождения, мощностью всего 2—5 (10) см. Положительный эффект такого минимального «землеустройства» отвалов отмечен нами на Урале в опытных работах на золоотвалах ТЭЦ, потенциально плодородных и незасоленных грунтах отвалов каменноугольной и железорудной промышленности в различных подзонах лесной зоны, а также в лесостепной. Он выражен даже на предельно неблагоприятных грунтах, какими являются красные шламы алюминиевой промышленности или шламы вольфрамового производства, хотя в этих случаях эффект был сравнительно слабым и кратковременным из-за быстрого просоления нанесенной почвы в связи с капиллярным подъемом токсичных соединений с влагой из субстрата отвала. Зато особенно заметный эффект отмечен на золоотвале Нижнетуринской ГРЭС при дополнительном постоянном орошении золы сточными водами бытовой канализации после прохождения их через отстойники.

В этих опытах корнеобитаемый слой для растений выращиваемых или самостоятельно заселившихся участки с нанесенным почво-грунтом значительно превышал мощность последнего (глубина проникновения корней обычно достигала в среднем 20—30 см), хотя основная масса корней часто сосредоточивалась в нанесенном слое. Запас питательных веществ, тем более азота,

в этом слое невелик. Он непропорционален биологической продукции фитоценозов, созданных при рекультивации или возникающих самостоятельно в результате самозарастания, иногда в первый же год после нанесения почво-грунта. Тем более нельзя объяснить «землеванием» довольно значительную, устойчивую и постепенно нарастающую от года к году продуктивность фитоценозов, сложившихся через 4—6 лет на ранее бесплодных участках. Последние по надземной и подземной массе (включая отмершие части корневых систем) вполне сопоставимы с близкими к ним по составу и строению фитоценозами, произрастающими на нормальных почвах в естественных условиях окрестностей отвала (табл. 2). В отдельных же случаях фитоценозы отвалов могут быть даже несколько более продуктивными, чем аналогичные или близкие им естественные (участки с поливом сточными водами на золоотвале Нижнетуринской ГРЭС). Следует также учесть, что при сенокошении с таких участков золоотвалов ежегодно отчуждаются значительные количества органического вещества, а также азота, хотя в грунтах отвала его всегда предельно мало.

Интересно отметить, что внесение в грунт при опытных работах полной нормы NPK давало положительный эффект, но преимущественно в год внесения; в последующие годы эффект заметно снижался. Землевание же, исключая случаи с токсичными грунтами, сопровождалось длительным и устойчивым положительным последствием.

Приведенные данные и другие косвенные соображения убеждают, что **формирование на промышленных отвалах всех типов продуктивных биоценозов определяется ходом (и направлением) начальных этапов почвообразования** (Колесников, Пикалова, 1970). Поэтому можно предполагать, что землевание малыми количествами плодородного почво-грунта не столько увеличивает в грунтах (субстратах) отвалов запас усвояемых растениями питательных веществ, сколько интенсифицирует почвообразовательный процесс, активизируя формирование деятельных и сложных сообществ почвенных микроорганизмов (включая азотфиксаторы), внесенных на отвал вместе с плодородным почво-грунтом. Отсюда вытекает вывод о том, что при биологической рекультивации отвалов важной, а в ряде случаев может быть и главной задачей фитомелиоратора должно быть стремление **инокулировать поверхностные слои грунта (субстрата) сложившимися сообществами почвенной микрофлоры и микрофауны, создать условия для быстрого образования ими на рекультивируемой поверхности устойчивой и деятельной пленки сообществ почвенных микроорганизмов** (микробоценозов, педоценозов), способных мобилизовать потенциальное плодородие грунта (субстрата) и постепенно накапливать в нем органическое вещество, а прежде всего азот, в доступной для высших растений форме. Косвенно подтверждается сказанное, в частности, хорошо установленным всеми исследователями фактом успешного развития на большинстве типов отва-

Таблица 2*

Надземная и подземная фитомасса растительных группировок естественного и культурного происхождения на золоотвалах ТЭЦ Урала
(вес воздушно-сухой массы, ц/га)

Зона	Растительная группировка	Возраст, лет	Агрофон				Аналогичная естественная группировка с соседних местообитаний
			чистая зола	зола + 2 см покровного торфа	зола + 3—4 см торфа	зола + поливочными водами	
Лесная	Бескильнищевая (Серовская ГРЭС)	3	$\frac{1,1}{0,5}$	—	—	—	—
	Вейниковая (Березниковская ТЭЦ)	6	$\frac{14,1}{115,1}$	—	—	—	—
	Разнотравно-злаковая (Серовская ГРЭС, на поливе)	5	$\frac{23,3}{28,5}$	—	—	—	$\frac{21,7}{103,5}$
	Разнотравно-злаковая (Березниковская ТЭЦ)	10	—	—	$\frac{14,2}{95,6}$	—	$\frac{36,7}{329,4}$
	Злаковая (Нижнетуринская ГРЭС, на поливе)	10	—	—	—	$\frac{58,8}{155,2}$	—
	Разнотравно-злаково-бобовая (Серовская ГРЭС)	5	—	—	$\frac{9,7}{38,2}$	—	—
	Разнотравно-злаково-бобовая (Нижнетуринская ГРЭС)	4	—	$\frac{51,6}{70,5}$	—	—	$\frac{75,9}{—}$
	Донниковая (Нижнетуринская ГРЭС)	4	—	$\frac{58,5}{58,9}$	—	—	—
Лесостепная	Разнотравно-полынная (Южно-Уральская ГРЭС)	5	$\frac{3,9}{2,8}$	—	—	—	—
	Бобово-разнотравно-злаковая	6	—	$\frac{7,7}{18,6}$	—	—	—
	Злаково-разнотравно-бобовая	6	—	$\frac{16,4}{26,8}$	—	—	$\frac{12,3}{—}$
	Разнотравно-злаково-бобовая	—	—	$\frac{27,6}{55,7}$	—	—	—

* Данные о надземной массе — в числителе, о подземной — в знаменателе.

лов (кроме сложенных высокотоксическими субстратами) растений из семейства бобовых (донники, клевера, люцерна, эспарцет, рапшик русский, в степной зоне даже астрагалы и остролодочки), имеющие на корнях многочисленные клубеньки азотфиксирующих бактерий. По-видимому, многие пионеры зарастания моло-

дых отвалов также являются носителями бактериоризы. В частности это отмечено В. В. Тарчевским (196) для злака — бескильницы Гаупта (*Rusciniella Hauptiana*), одной из первых поселяющихся на наиболее бесплодных субстратах различных типов отвалов в разных зонально-географических районах.

Не редкие, по крайней мере в лесной зоне, случаи успешного и быстрого самозарастания некоторых типов отвалов продуктивной естественной растительностью и эффективность минимального землевания в опытных работах нашей лаборатории по биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций Урала и Кузбасса представляют определенный хозяйственный интерес. В настоящее время во многих работах и временных инструкциях по рекультивации земель, нарушенных промышленностью, пропагандируется как наиболее совершенный и перспективный метод подготовки таких земель под биологическую рекультивацию, покрытие их слоем плодородной почвы или грунта, мощностью 40—90 см (Бекаревич, 1971) и даже до 2—2,5 м (Горбунов, 1970). При этом способе для растений, возделываемых на отвалах в культуре, создается искусственный корнеобитаемый и заведомо плодородный слой, а грунтам отвала в лучшем случае отводится роль почвоподстилающей породы, потенциальное плодородие которой по существу не принимается во внимание. Как известно, на выбор этого направления в подготовке отвалов под сельскохозяйственную рекультивацию оказал влияние успешный опыт зарубежных фитомелиораторов, прежде всего в условиях плотно населенных и бедных плодородными почвами промышленных районов. Англии, ФРГ, ГДР и т. д.

Вполне очевидно, и в этом плане уже имеются высказывания, что применение метода сплошного покрытия отвалов мощным слоем плодородной почвы ограничивается различного рода экономическими, социальными и производственно-организационными условиями. Но кроме этого приведенные выше данные показывают, что имеются такие типы отвалов, на которых вообще нет необходимости производить сложные и дорогие работы по нанесению мощного слоя плодородной почвы (даже если поблизости есть запас такой почвы), а вполне допустимо сознательно ориентироваться на их самозарастание, или ограничиться минимальным землеванием для стимуляции и ускорения естественного почвообразовательного процесса, мобилизующего возможности потенциального плодородия грунта.

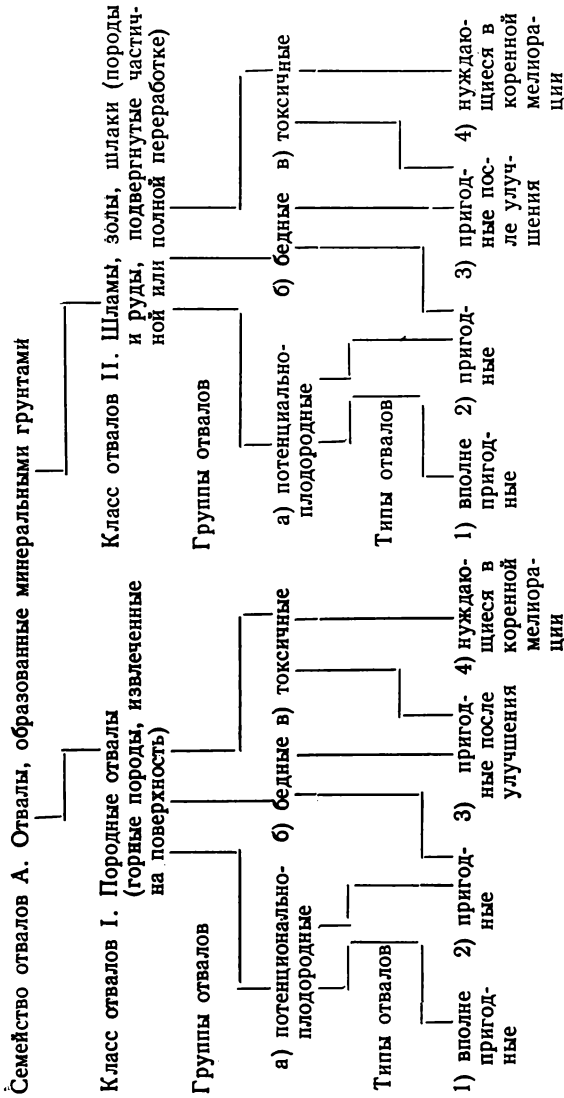
Сделанный обзор показывает, что при существенной общности признаков и свойств отвалов, позволяющей относить их к специфичным и оригинальным формам неорельефа техногенных ландшафтов, одновременно они достаточно индивидуальны и могут объединяться в соподчиненные типы и группы. Решающее значение при отборе признаков для такого объединения, т. е. при построении классификации отвалов, по уже высказанному мнению, следует придавать показателям, характеризующим возможные на-

правления и ход почвообразовательного процесса, а следовательно, влияющим на выбор способа биологической рекультивации и подготовительных горнотехнических мероприятий, ускоряющих и интенсифицирующих этот процесс. На схеме приведен пример построения такой классификации для отвалов семейства А, т. е. образованных минеральными грунтами.

Прежде всего они разделены на два класса по признаку степени изменения горной породы, извлеченной из недр земли, перед ее складированием в отвал. Отвалы, образованные грунтами, не подвергавшимися дополнительной обработке, а только извлеченными, перемещенными и отложенными, образуют **класс I — породные отвалы**. Если же после извлечения породы подверглись еще измельчению, сепарации, химическим или термическим воздействиям и затем были перемещены в виде зол, шламов, «хвостов», пылевидных отходов (асбестовое производство), часто с использованием воды как транспортирующего агента, то такие отвалы, сложенные обычно однородными и сравнительно мелко измельченными субстратами, образуют **класс II — золоотвалы, шламо- и шлакоприемники, хвостохранилища, гидроотвалы и т. п.** В связи с особенностями транспортировки грунтов в отвал, породные отвалы имеют обычно резко выраженный микро- и мезорельеф и ярусное строение, неоднородный агрегатный состав поверхностных грунтов. Отвалы класса II, как правило, характеризуются ровной поверхностью с легкими волнистыми повышениями и понижениями нано- и микрорельефа, более однородными по физическому составу субстратами.

Отвалы обоих классов по агрохимическим особенностям их грунтов-субстратов могут быть далее разделены на группы: с нормальным содержанием основных элементов минерального питания растений и нормальной кислотностью — **потенциально плодородные отвалы** (группа а); с недостаточным содержанием минеральных солей, но с нормальной кислотностью — **бедные** (группа б); с избыточным содержанием тех или иных элементов и солей, с чрезмерной кислотностью или щелочностью — группа **токсичных отвалов** (группа в). В составе каждой группы дальнейшее подразделение отвалов на **типы** идет с использованием признаков водно-физической характеристики грунтов-субстратов: вполне пригодные для биологической рекультивации, а также самозарастания (тип 1), пригодные (тип 2), пригодные после улучшения (тип 3) и непригодные, нуждающиеся в сложных мелиоративных мероприятиях (тип 4). Для их наименования использована терминология классификации грунтов породных отвалов, предложенная Н. И. Горбуновым (1970, 1971), поскольку разработанный им комплексный метод химико-минералогической оценки пригодности вскрышных пород для биологической рекультивации позволяет достаточно объективно (конечно, на уровне современных знаний) распределить отвалы по группам и типам. Вероятно, дальнейшая разработка метода вегетационных опытов с растениями и бонити-

Схема классификации отвалов



ровочных шкал оценки грунтов, намеченных исследованиями С. С. Трофимова с сотрудниками (1971), еще более объективизирует выделение типов отвалов.

Возможно и дальнейшее подразделение типов отвалов на разновидности и т. п. мелкие категории с использованием морфологических и морфометрических показателей и параметров отвалов, их возраста и т. п. В частности, на уровне этих единиц классификации целесообразно противопоставлять собственно отвалы с преобладанием плоских поверхностей на их вершинах конусовидным терриконам как техногенным образованиям с преобладанием склоновых поверхностей, в том числе крутых; или низкие и небольшие по площади отвалы — высоким, обширным по площади и многоярусным и т. д.

Наиболее благоприятные условия для прохождения начальных этапов сингенеза при формировании почвенно-растительного покрова, как при самозарастании, так и при биологической рекультивации, сопровождающейся созданием культурных фитоценозов, наблюдаются на отвалах типа AI a1 (например, породные отвалы Карпинского буроугольного месторождения из плейстоценовых супесей и легких суглинков) и AII a1 (золоотвал Нижнетуринской и других ГРЭС Урала), наихудшие AI в4 (отвалы Подмосковского буроугольного бассейна из пиритизированных юрских глин (Моторина, 1967), или Соколовского железорудного месторождения из третичных засоленных суглинков) и AII в4 (красные шламы Уральского алюминиевого завода, шламы вольфрамового Джидинского и молибденового Сорского комбинатов, шламы предприятий медеплавильной промышленности и т. д.). В первом случае успех самозарастания и явные признаки начавшегося почвообразования (гумусированная прокраска верхних слоев субстрата, образование ветоши и подстилки и т. п.) обнаруживаются через 5—7—10 лет после образования отвала; во втором — субстрат остается бесплодным и морфологически слабо дифференцированным на протяжении нескольких десятилетий.

В зависимости от зонально-географического местонахождения отвала, почвообразование и формирование растительности в первом случае идет, по-видимому, в направлении почв и биоценозов зонального характера, во втором — азонального, в результате которого возникают почвенно-растительные образования, классификационную принадлежность которых иногда определить затруднительно. В связи с насыщенностью субстратов части таких типов отвалов специфичными солями и соединениями, не свойственными естественной природе, подобные образования вероятно целесообразно выделять в особую категорию — **техногенных солончаков** или **солонцов** с соответствующей им растительностью, образованной солевыносливыми растениями, галофитами и гликофитами (Шилова, 1972).

Выявившаяся зависимость начальных этапов почвообразования и, особенно, зарастания промышленных отвалов от зонально-гео-

трафических условий района их местонахождения, логично и закономерно выдвигает на очередь как важную задачу районирование территории СССР по показателям, влияющим на выбор способов и технологии биологической рекультивации отвалов. Первая попытка районирования отвалов открытых разработок угольных месторождений уже сделана (Моторина, Зайцев, 1970б). Опираясь на схему агроклиматического районирования СССР, выделено 3 группы районов по степени очередности проведения рекультивационных работ: районы обязательной рекультивации, ее ограниченного проведения и районы Крайнего Севера. Попытки подобного характера необходимо продолжать, детализируя схемы, охватывая ими все разнообразие региональных типов отвалов. Такое **биорекультивационное районирование** целесообразно рассматривать с широких научно-прикладных позиций как особый специализированный вариант комплексного природоохранительного районирования (Колесников, 1966; Макунина, 1970 и др.), опирающегося на оценку состояния современных природных и техногенных ландшафтов, учет тенденций их техногенной трансформации и прогнозное определение возможностей и путей преобразования в оптимизированные инженерно-природные системы (ландшафты) будущего. Очевидно и разработку детальных схем классификации промышленных отвалов как научной основы учета земель, занятых ими, планирование мероприятий по их рекультивации, составление типовых наставлений по рекультивации целесообразно проводить не только по отраслям промышленности, ответственным за возникновение соответствующих типов отвалов, но и применительно к природным и экономическим особенностям конкретных биорекультивационных зон и районов, т. е. строго дифференцировать по зонально-географическим признакам.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова В. Д., 1969. Классификация растительности. Л., «Наука».
- Бекаревич Н. Е., (ред.), 1971. О рекультивации земель в степи Украины. Днепропетровск, «Проминь».
- Бялов Ю. П., 1970. О некоторых биогеоценологических основах общей теории фитомелиорации. В сб. «Теоретические проблемы фитоценологии и биогеоценологии». М., «Наука».
- Баус М. А. и Луйк Х. В., 1967. О результатах работ по рекультивации площадей, занятых промышленными разработками в Эстонии. В сб. «Восстановление земель после промышленных разработок». М., «Колос».
- Восстановление земель после промышленных разработок, 1967. М., «Колос».
- Горбунов Н. И., 1970. Химико-минералогические признаки пригодности вскрышных пород для использования при биологической рекультивации. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».
- Горбунов Н. И., Бекаревич Н. Е., Етеревская Л. В., Моторина Л. В., Туник Б. М., 1971. Классификация пород по степени их пригодности в сельском и лесном хозяйстве. «Почвоведение», № 11.
- Горбунов Н. И., Туник Б. М., 1969. Минералогический состав, свойства и плодородие почв и пород, нарушенных промышленностью. «Почвоведение», № 12.
- Гогатишвили А. Д., 1969. Использование отвалов открытых разработок Чиатурского марганцевого месторождения под виноградники. В сб. «Рефераты

докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Дараселия Н. А., 1967. Микрофлора отвалов на открытых разработках руды в Чиагурском марганцевом бассейне. В сб.: «Восстановление земель после промышленных разработок». М., «Колос».

Дворученский В. Н., 1972. Некоторые антропогенные ландшафтные комплексы Липецкой области. В сб. «Материалы региональной конференции «Антропогенные ландшафты Центрально-Черноземных областей и прилегающих территорий». Воронежский ун-т.

Денисов Ю. И., Красавин А. П., 1969. Экспериментальные исследования отвальных грунтов для выбора вида рационального освоения. В сб. «Основные вопросы восстановления нарушенных территорий при открытой разработке угольных месторождений Урала и Кузбасса». Челябинск, НИИОГР.

Зайцев Г. А., 1970. Микрофлора отвалов открытых угольных разработок. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 7. Свердловск, УФАН СССР.

Колесников Б. П., 1966. Природоохранительное районирование Урала. «Тр. МОИП», т. 18. М., АН СССР.

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., 1970. Некоторые результаты работ лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».

Комар И. В., 1969. Обмен веществ «природа — общество — природа» и некоторые вопросы его оптимизации. Изв. АН СССР, сер. географич., № 5.

Каар Э., Луйк Х., Райд Л., Ваус М., 1971. Рекультивация выровненных отвалов сланцевых карьеров в Эстонской ССР. Таллин, «Valgus».

Лазарева И. В., 1969. Восстановление нарушенных территорий как путь преобразования природной среды при градостроительстве. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Макунина А. А., 1971. Проблемы ландшафтной географии Урала. Автореф. докт. дисс. М.

Мамаева Е. Т., Деминова О. А., Лаврова П. С., Левченко В. Г., 1969. Пути утилизации некоторых отходов промышленности Урала путем комплексного использования их в народном хозяйстве. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Материалы региональной конференции «Антропогенные ландшафты Центрально-Черноземных областей и прилегающих территорий», 1972. Воронежский ун-т.

Мельников Н. В., Симкин Б. А., 1968. Открытый способ разработки полезных ископаемых — новая отрасль горного производства. В сб. «Развитие горных работ в СССР». М., «Наука».

Милюков Ф. Н., 1970. Ландшафтная сфера Земли. М., «Мысль».

Милюков Ф. Н., 1972. Вопросы типологии и картирования антропогенных ландшафтов. В сб. «Материалы региональной конференции «Антропогенные ландшафты Центрально-Черноземных областей и прилегающих территорий». Воронежский ун-т.

Моторина Л. В., 1967. К проблеме восстановления территорий, нарушенных при добыче полезных ископаемых. В сб. «Восстановление земель после промышленных разработок». М., «Колос».

Моторина Л. В., Забелина Н. М., 1968. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью. М., ВИНТИСХ МСХ СССР.

Моторина Л. В., Зайцев Г. А., 1970а. Природные ландшафты и промышленность. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».

Моторина Л. В., Зайцев Г. А., 1970б. Определение вида биологической рекультивации и районирование рекультивационных работ. В сб. «Физическая география», вып. 4. М., ВИНТИ.

- Овчинников В. А., 1966. Восстановление поверхности при бестранспортных системах. Тула, Приокское кн. изд-во.
- Растения и промышленная среда, 1964. Свердловск, УрГУ.
- Растения и промышленная среда, 1970, вып. 2. Свердловск, УрГУ.
- Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале, 1964, вып. 4. Свердловск, УФАН СССР.
- Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале, 1966, вып. 5. Свердловск, УФАН СССР.
- Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале, 1970, вып. 7. Свердловск, УФАН СССР.
- Рекультивация в Сибири и на Урале, 1970. Новосибирск, «Наука».
- Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения», 1969. Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.
- Серая Г. П., Комов С. В., 1971. О прорастании растений на каменноугольной золе. «Экология», № 6.
- Таранов С. А., 1970. Использование гуминов окисленных углей для ускорения гумусообразования на грунтах с карбонатными лёссовидными суглинками в Кузбассе. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».
- Тарчевский В. В., 1961. Бескильница Гаупта как растение для закрытия золоотвалов и пылящих промышленных отходов. «Бюлл. Гл. бот. сада», вып. 41.
- Тарчевский В. В., 1964. Промышленные отвалы и их освоение. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 4. Свердловск, УФАН СССР.
- Тарчевский В. В., 1967. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах. Автореф. докт. дисс. Томск.
- Тарчевский В. В., 1970. Классификация промышленных отвалов. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 7. Свердловск, УФАН СССР.
- Тарчевский В. В., Автонева Р. В., 1969. Растительность отвалов никелевых шлаков. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.
- Тарчевский В. В., Штина Э. А., 1967. Развитие водорослей на промышленных отвалах. В сб. «Современное состояние и перспективы изучения водорослей в СССР». Кировский с.-х. ин-т.
- Трофимов С. С., 1971. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Автореф. докт. дисс. Новосибирск.
- Трофимов С. С., Овчинников В. А., 1970. Антропогенный рельеф Кузбасса. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».
- У-Тан, 1970. Человек уничтожает природу. «Курьер Юнеско», авг.—сент.
- Федоров В. И., 1972. Антропогенные ландшафты, возникающие при открытых способах добычи угля в Подмосковном бассейне. В сб. «Материалы региональной конференции «Антропогенные ландшафты Центрально-Черноземных областей и прилегающих территорий». Воронежский ун-т.
- Фирсова В. П., Кулай Г. А., 1966. Физико-химические и микробиологические свойства золы отвалов тепловых электростанций Свердловской области. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск, УФАН СССР.
- Чеклина В. Н., Савич А. И., 1967. Классификация грунтов вскрыши открытых угольных разработок. В сб. «Восстановление земель после промышленных разработок». М., «Колос».
- Шенников А. П., 1964. Введение в геоботанику. ЛГУ.
- Шилова И. И., 1971. Красный шлам как субстрат для выращивания растений. В сб. «Растения и промышленная среда». Киев, «Наукова думка».
- Шилова И. И., 1972. Формирование растительности и биологические особенности некоторых видов растений на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала. Автореф. канд. дисс. Свердловск.
- Шипунов Ф. Я., 1971. Настоящее и будущее ландшафтной сферы. «Природа», № 5.

Штина Э. А., Шилова И. И., Неганова Л. Б., 1971. Начальный этап сингенеза растительности на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала. «Экология», № 4.

Adamowicz St., Bojarski L., Greszta I., Paczeniowski I., Paprzycki E., Skawina T., 1963. Wplyn Gornichwa Podziemnego na gospodarske lesna oraz zasady pustepowania w sprawach o zkody gornieze w lasach. "Biuletin Zaklad Badan Naukowych", N 1, Krakow.

Guerfin A., 1957. Humanite et subsistances. Paris.

Hall I. G., 1957. The ecology of disused pit heaps in England. "J. Ecol.", 45, 3.

Knabe W., 1959. Zur Wiederurbanmachung im Braunkohlenbergbau. Veb. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.

Limstrom C. A., 1960. Forestation in strip-mined land in the Central States. "Agriculture handbook 166. U.S.D.A. Forest Service", February.

Štys S., 1966. Rekultivace a tvarovania vysypek.— SHD, Most. CSSR.